

Dílčí procedury, chování a charakter komponent během procesu oxidačního spalování v roztavené soli

Ing. Jaroslav Stoklasa, Ph.D., Petr Pražák, Ing. Lucie Karásková Nenadalová, Ph.D.,
Centrum výzkumu Řež, s. r. o.; e-mail: Jaroslav.Stoklasa@cvrez.cz; Petr.Prazak@cvrez.cz;
Lucie.Nenadalova@cvrez.cz

Souhrn

Pro zpracování odpadů s těžkými kovy, zejména radioaktivními, metodou oxidačního spalování v roztavené soli (MSO) byly stanoveny parametry dílčích pochodů. Pro jednotlivé složky a materiály účastníci se procedur byly zkoumány a ověřovány podmínky, které mohou ovlivňovat chování systému a řízení procesu.

Klíčová slova: MSO, pevné odpady, spalování, plyny, koroze

Úvod

MSO je technologie bezplamenné oxidace materiálů v roztavené soli, sloužící k snižování objemu nebezpečných pevných a kapalných odpadů. Při tomto procesu jsou spalitelné odpady vedeny do reaktoru společně se vzduchem nebo kyslíkem pomocí dávkovacího systému. Spaliny jsou sledovány a odváděny ze systému. Nespálené pevné složky, zejména těžké kovy nebo radioaktivní látky, se hromadí v roztavené soli a mohou být dále přepracovány k ukládání.

Některé poznatky získané jednotlivými samostatnými postupy byly prověřovány na laboratorní aparatuře MSO. Pokusili jsme se popsat proces MSO ze všech různých pohledů, které nám mohou pomoci jednotlivé dílčí části i celek řízeně ovládnout.

Sušení ionexů

Zaměřili jsme se na dva základní typy sušení na samovolné sušení iontoměničů a na jejich sušení při vyšších teplotách než je teplota laboratorní.

Postup pro samovolné sušení byl velmi podobný pro všechny typy ionexu. Sušení probíhalo při teplotě kolem 20 °C. Dlouhodobé samovolné uvolňování vody z ionexů probíhalo v kruhové nádobce válcovitého tvaru s jednou otevřenou volnou kruhovou plochou a odvod vlhkosti ze vzorku probíhal jen z této kruhové plochy. Celková plocha, z které se odpařovala vlhkost a která byla v kontaktu s okolním prostředím, zůstala v konstantní velikosti.

Bylo zaznamenáno samovolné sušení iontoměničů různého druhu, typu (bazické, kyselé) a stavu (neupravené až vysycené). Vždy šlo o sušení nízké vrstvy vlhkých vzorků o výšce nejvýše cca 2 cm na počátku experimentu. Vzorky byly umístěny na místě, kde se neprojevuje proudění vzduchu nebo větrání ani vliv tepelných zdrojů, které by neovlivňovalo sušení. Teplota a vlhkost vzduchu byla v rámci laboratoře dlouhodobě konstantní. V průběhu sušení se výška vrstvy úměrně snižovala se smršťováním částic ionexů, nejčastěji ve tvaru kuliček.

Změna hmotnosti iontoměničů byla sledována vážením vzorku. Průběh ztráty vlhkosti se stanovoval jako průměrná rychlost od počátku do času t měřené změny hmotnosti. Byla vypočtena rychlost ztráty vlhkosti (změna v % za hodinu) z celkové ztráty vlhkosti v daném čase vydělená uplynulým časem od počátku sušení.

Získané výsledky popisující chování byly porovnávány i s jinými typy iontoměničů. Důvodem je to, že v odpadních produktech se mohou kromě základních typů, které se aktuálně používaly, vyskytnout i podobné ionexy. Je pravděpodobné, že budou vhodné pro aplikaci v procesu MSO, ale mohou přinášet některé vlastnosti, které mohou ovlivnit dílčí části technologie například dávkování paliva. Nás zajímaly v této fázi průběhy sušení.

Tabulka 1: Charakteristiky iontoměničů použitých k samovolnému sušení

Iontoměnič	Typ		Funkční skupina	Počáteční vlhkost
PUROLITE A-400MB-OH	silně bazický anex	Vysycený (A 400 – světlý)	polystyren zesítěný divinyl benzen	44,75 %
PUROLITE C-100-H	silně kyselý katex	Vysycený (C 100- tmavý)	sulfonovaný polystyrén	56,85 %
AmberJet 1200 Na	silně kyselý katex	původní balení nekontaminovaný	sulfonovaný polystyren divinyl benzen	45 %
AmberJet 4200 Cl	silně bazický anex	původní balení nekontaminovaný	polystyren divinylbenzen copolyme	52 %

Pro porovnání průběhu sušení při zvýšených teplotách byly naměřeny sušící křivky u silně kyselého katexu - SAC gelového typu. Základem tohoto ionexu je gelová matrice (styren-di-vinyl benzen). Protože šlo použitý ionex, očekávali jsme neobvyklosti v chování. Byly zaznamenány odchylky v průběhu kolem teploty 65°C. Lze předpokládat, že do 65°C se uvolňuje "jiná" voda než nad touto teplotou.

Tavení soli

Vytipovali jsme a zkoušeli materiály určené k užití jako tavenina v technologii MSO. Šlo o uhličitany sodné a draselné, užitě jednotlivě. Byla sledována i eutektická směs uhličitánů sodného, draselného a lithného. Dále byly zkoušeny modelové směsi boritanové. Jejich složení pro přípravu taveniny udává tabulka 2. Byly připraveny, tak aby modifikovali složení potenciálních odpadních látek. Byly stanoveny jejich některé relevantní fyzikálně-chemické a reologické vlastnosti se zřetelem na další aplikování.

Byly zkoušeny vhodné materiály přicházející v úvahu použít jako roztavená sůl, ve které probíhá oxidace postupem MSO, a byly hledány postupy pro přípravu různých druhů tavenin a optimální způsoby tavení solí. Šlo o dva základní typy solí uhličitánové a boritanové. Z principu to byly soli, kde kationtem byl alkalický kov.

Z hlediska bodu tání soli byla jednodušší situace u uhličitánových solí. Jako tavenina byly zkoušeny zejména jednotlivě uhličitany sodný a draselný. Také byla odzkoušena eutektická směs uhličitánů draselného 50%, sodného 37% a lithného 13% s teplotou tání 401 °C.

U boritanových solí i směsí jsou teploty tání vyšší. Zejména pokud se pokoušíme připravit se na použití boritanových odpadů, je recept složitější. Ukázala to i příprava borité taveniny z jednotlivých složek.

Byly definovány modelové koncentráty pro přípravu taveniny. V první fázi byl zkoušen komplexní modelový koncentrát pro taveninu na bázi boritanů o celkové solnosti 156 g/l, který byl sestaven dle chemického rozboru konkrétního odpadu vycházejícího z jaderné elektrárny Dukovany. S touto taveninou jsme prováděli různé zkoušky včetně spalování iontoměničů PUROLITE A400MB OH a PUROLITE C100H. Složení komplexního modelové koncentráty pro taveninu je komplikované a je známo, že složení reálných odpadů se často mění. Proto byl vytipován zjednodušený modelový koncentrát, z kterého bude za odpovídajících teplot tavenina. Vychází se ze složení koncentrátů na jaderné elektrárně Dukovany a průměrných složení koncentrátů vyskytujících se na jaderné elektrárně Paks v Maďarsku. Solnost těchto koncentrátů se pohybuje okolo 180 g/dm³. Porovnání složení boritanových modelových koncentrátů je v tabulce 2. Modelové koncentráty I, II, III mají sice složení jednodušší než komplexní modelový koncentrát, ale postihují rozsahy koncentrací všech základních chemických individuí, která jsou v podstatném množství vždy zastoupena v reálných odpadech. Je odůvodněno vypuštění dusitanů, které při oxidačním procesu v tavenině jsou oxidovány na dusičnany, ale i použití různých typů aniontů sloučenin boritých, které se v prostředí alkalické taveniny upraví do

rovnovážného poměru. Vlastnosti dodané samotným uhličitánem sodným byly testovány samostatně, a chloridy nebývají v odpadech přítomny ve významném množství.

Zvláštní pozornost bylo třeba věnovat převádění solí z pevného stavu do taveniny. Velmi záleželo na způsobu přidávání soli do směsi a na teplotě tavení.

U modelové taveniny na základě složení modelového koncentrátu I se při vysoké teplotě jedná o velmi viskózní taveninu. Viskozita je větší, pokud poměr obsahu boritých oxidů k sodnému oxidu je vyšší. Při přípravě taveniny ze základních chemikálií se produkují bubliny, které tvoří nejčastěji voda. Viskozita a tvorba bublin se navzájem ovlivňují. Nejdříve bubliny rychle uniknou, dokud existují kanálky spojené s povrchem. Později se vytvářejí zatuhlé bublinky, a protože mají izolační schopnosti, teplo se nedostane pod povrch tak rychle jako dříve. Přitom tavenina zatuhne na chladnějším povrchu nebo v horní části reaktoru, pokud zde není výrazně vyšší teplota. Průběh tavení je možné částečně ovlivnit přidáním směsi látek s nižší teplotou tavení. V tomto případě to znamená přidávat směs s dusičnanem sodným a hydroxidem sodným ve větším množství vzhledem k obsahu kyseliny borité. Tuhnutí bublin na povrchu ovlivňuje celý průběh přípravy taveniny. V laboratorních podmínkách je možné povrch bublin rozbít, tím ničit izolační vrstvu mechanicky, a zamíchat pevné úlomky do roztaveného objemu soli.

Tabulka 2: Porovnání složení boritanového koncentrátu dle konkrétního odpadu a zjednodušených modelových koncentrátů

	modelový koncentrát komplexní	modelový koncentrát		
		I	II	III
		Navážka (g)		
H ₃ BO ₃	56,0	100,0	100,0	100,0
NaCl	2,8			
Na ₂ CO ₃	35,32			
NaNO ₃	20,56	125,0	125,0	42,5
Na ₂ SO ₄	3,84			
Na ₂ oxalate	4,22			
NaNO ₂	2,37			
KNO ₂	17,41			
NaOH	24	48,6	62,6	65,7

Byl podrobně sledován průběh přípravy taveniny z komplexního koncentrátu při různých teplotách.

Do malého keramického kelímku naváženo 66,8 g vzorku soli (vlhká krusta), na peci nastaveno 1020°C. Během měření odečtena teplota na termočlátku, která byla blízká teplotě taveniny. Postup přípravy je zaznamenán v tabulce 3. Roztavená sůl je ponechána v kelímku. Po vychladnutí na dně kelímku se utvoří na ztuhlé soli hladký tvrdý povrch žluté barvy.

Ztuhlá sůl, ponechaná v kompaktním celku, se rozpouští vodou jen velmi pomalu. Po 48 hodinách je při laboratorní teplotě rozpuštěna pouze slabá vrstva. K zvětšení rychlosti rozpouštění dojde až po podrcení. Další zvýšení rychlosti přidala až zvýšená teplota a míchání. Tyto poznatky budou potřebné a využité pro vypouštění a čištění reaktoru od soli.

Pro přípravu taveniny boritanové soli - modelový koncentrát I - byla sůl připravována ve dvou fázích. Po roztavení první navážky (1412,4 g) se ukázalo, že je příliš nízká hladina soli (cca 6 cm). Připravila se tedy druhá dávka a navážená sůl se přidávala do roztavené soli z první dávky (celková výška hladiny 9 cm).

Příprava boritanové soli v novém složení v další fázi byla časově náročnější než v případě původní soli. K přetavení docházelo velice pozvolna, společně se známým efektem kypění mezifází (obrovský nárůst objemu, dávkování po malém množství, dlouhá doba k přetavení). Celková doba přípravy (přetavení soli) trvala cca 6 dní (30 hodin).

Složitější průběh převádění do roztaveného stavu zejména kvůli charakteru tvorby bublin měla jednodušší směs ve složení modelového koncentrátu I než příprava dle modelového komplexního koncentrátu. Projevil se tam patrně nedostatek látek ovlivňujících tavení fyzikálně chemicky při nižších teplotách.

Tabulka 3: Popis průběhu tavení modelového komplexního koncentrátu

Teplota °C	Stav a popis nového stavu	Barva
	Zapnuta pec, nastavena teplota 1020°C	
120	Kapalina ve vzorku vře	bílá
180	kapalina se vyvařila, zůstala suchá sůl	bílá
295	objem roste, konzistence tuhá, při kontaktu se drolí suchý prášek	bílá
452	objem stále roste, „bobtná“ suchá křídovitá sůl	bílá
520	objem stejný, barva šedne	šedá
650	suchá sůl, při kontaktu trochu vlhčí (natavení?)	bílošedá
680	trochu žloutne	nažloutlá
760	konzistence měkčí, vlhčí, na dně natavené	bílá, nažloutlá, okraje hnědnou
800	měkká kašovitá konzistence	bílá, nažloutlá
830	vzlínání, rovnoměrná hladina	nažloutlá
840	hladina vzpěněná, hýbe se jako píst nahoru a dolů	žlutá barva
870	hladina stabilní, napěněná tavenina – vyjmut termočlánek, přiloženo víko	
936 (pec)	1/3 objemu kelímku, nehybná napěněná tavenina žluté barvy	žlutá barva
1016 (pec)	stav neměnný, vypnuto	

Dávkování paliva a jeho chování

Bylo studováno dávkování paliva zejména iontoměničů do procesu, včetně dávkování mokrého paliva. K tomu sloužilo dílčí zkoumání průběhu sušení. U iontoměničů jsme se zaměřili na klíčové vlastnosti pro jejich transport a dávkování do technologie jako paliva.

Byla sledována schopnost uvedení malé vrstvy materiálu do pohybu. Největší význam měla vlhkost materiálu. Pro běžný vysušený ionex materiál byl sledován sypný úhel sklonu. Chování katexu PUROLITE C100-H a anexu PUROLITE A400MB-OH bylo velmi podobné. U dávkovací části aparatury se měřila odchylka od roviny. Pokud této úhel nedosahoval alespoň hodnoty 30°, materiál se bez mechanické pomoci nepohnul. Pro velmi vlhké materiály tato hodnota dosahovala až 45°.

Hodnotu sypného úhlu také ovlivňoval granulometrický charakter materiálu. Pokud šlo o kuličky stejné velikosti, hodnoty byly o cca 3 až 5° menší. Pro velmi jemnou směs i směs s jemných a větších kuliček byly hodnoty o cca 3 až 5° větší (suché až 35° a vlhké až 50°).

Byl sledován vliv průtoku vzduchu na dávkování ionexu. V souvislosti s tím byla několikrát přestavována tato část aparatury. Byly získány jen orientační výsledky. Zjištěno, že větší průtok vzduchu nebo větší tlak než je pro dané upořádání optimální nevede vždy k lepšímu strhávání částic do proudu plyna, ale naopak může až bránit toku pevných částic paliva (ionexu). Příliš nízký průtok vzduchu zase nestrhává optimálně částice do proudu nebo v jiném případě není dodržen optimální spalovací poměr a roste obsah CO ve spalínách nebo se do taveniny dostává nespálený uhlík. Vždy to souvisí s konkrétním uspořádáním u aparatury (poměr velikosti průměru dávkovací trubice a velikosti částic paliva), hloubkou ponoření trubice do taveniny, teplotou a viskozitou taveniny apod. Kvalita dávkování souvisí i se schopností samovolného tečení materiálu danou vlhkostí nebo granulometrií a dalšími veličinami v procesu.

Průchod pevných částic nebo tekutin trubicí významně ovlivňovaly geometrické parametry (velikost a tvar) částic a zejména vlhkost. Zaznamenán vývoj od hladkého toku materiálu až k ucpávání dávkovací cesty. Je souvislost mezi rozměry (průměr v mm) úzkého profilu dávkovací cesty a velikostí částic ionexů.

Podstatný je i teplotní profil v dávkovací trubici. Se stoupající teplotou u ionexu může docházet ke ztrátě vlhkosti, změně viskozity materiálu, k částečnému rozkladu až ke krakování na plynné složky a nespálený uhlík.

Pro zjednodušení popisu chování paliv v procesu MSO jsme se pokusili definovat systém idealistickým reologickým přiblížením. Reologie je vědní obor mechaniky spojitých prostředí. Idealizaci umožňují čtyři základní lineární modely, které se vyznačují přímkovou úměrností mezi deformací a napětím.

- Euklidova hmota – Absolutně tuhé těleso – Napětí je nezávislé na deformaci
- Pascalova hmota – Ideální kapalina – Deformace je nezávislá na napětí
- Hookova hmota – Pružné těleso – Je přímá úměrnost mezi napětím a deformací
- Newtonova hmota – Vazká tekutina – Je přímá úměrnost mezi napětím a deformací – ale deformace je nevratná

Chod dávkování významně ovlivňovaly reologické vlastnosti dávkovaných materiálů, které se také měnily s teplotou. Popisu chování iontoměniče je nejbližší nevyvážená kombinace všech 4 základních lineárních modelů: pružného tělesa, vazké (Nenewtovské) tekutiny, ideální kapaliny a absolutně tuhého tělesa. V popisu chování olejovitých odpadů modifikovaných solemi kovů se minimálně uplatňuje lineární model absolutně tuhého tělesa.

Charakter znečištění paliv se projevil v proměnlivém chování v souvislosti s teplotou a působícím teplem. Průběh rozkladu během cesty paliva k roztavené soli byl ovlivněn také nečistotami. Nečistoty a/nebo produktu předběžného částečného rozpadu paliva relativně v krátké době a při malé uražené vzdálenosti často významně změnily chemické složení dávkovaných vstupujících látek (od polymeru ke krakovaným produktům apod.) - zjištěné analýzou odplynů. Měnily se fyzikální vlastnosti a fyzikálně chemické chování (viskozita, lepivost, přilnavost, koagulace aj.). Byl zaznamenán významný vliv okamžité vlhkosti, úrovně a charakteru znečištění na průběh dílčích procesů v technologii MSO. Identifikovány některé parametry ovlivňující výstupy ze zařízení MSO.

Sledování koroze a odolnosti materiálu

Působením zejména roztavených solí a horkých plynů korodovaly nebo se opotřebovávaly některé části aparatury. Proto byly tyto části sledovány podrobněji a procesy vyhodnocovány.

Byla ověřována vhodnost různých materiálů pro konstrukci reaktoru MSO. Zejména je důležitá odolnost proti taveninám předpokládaným k použití a dále odolnost při kombinaci s oxidačním spalováním. Experimenty bylo dokázáno, že korundový materiál ani materiál křemíkový není vhodný pro tavení boritanové soli. Korundový materiál však má větší výdrž při dlouhodobém namáhání proti korozi boritanovou solí než křemíkový. Uhlík jako materiál je poměrně odolný proti korozi boritanovou taveninou ale jen za nepřístupu vzduchu. Zkoušen silicium karbid, který se však sice pomaleji ale také postupně rozkládal. Materiály s větším obsahem uhlíku korodují především působením kyslíku, a tak nejsou vhodné pro použití v procesu MSO.

Byly prováděny zkoušky se vzorky kovových slitin a byly porovnávány korozní rychlosti boritanovou taveninou (složení tabulka 2- modelový koncentrát komplexní), které byly získané z úbytku hmotnosti. Nižší úbytky materiálů byly u slitin. Nejnížší byly u materiálů Inconel 713, větší u ASTM 316Ti.

Z výsledků pozorování postupu koroze vzorku na mikroskopu je zřetelné, že významný vliv má prvotní povrchová úprava. Byly porovnávány stejné materiály hladké s nezřetelnými stopami broušení povrchu plochy a s plochou s viditelnými stopami po broušení. Čím mají materiály hladší povrch, tím jsou v počátku dlouhodobě odolnější zejména proti důlkové a hladinové korozi. S prodlužujícím časem se odolnost vyrovná.

U materiálů typu Inconel 713 byl na mikroskopu v závislosti na čase zaznamenán nárůst koroze ovlivněné vrstvy materiálu, kdy rostla celková tloušťka, ale zároveň ubývala hmotnost materiálu. Korozi drží kompaktní a neodpadává. Je to odlišné u materiálu ASTM 316Ti, kde korozi vrstva odpadá a celková koroze je rychlejší. Bylo pozorováno, že se z materiálu slitiny selektivně rychleji rozpouštějí některé jeho součásti více než jiné.

Vizuálně byla koroze pozorována u reaktorových nádob z různých materiálů roztavenými solemi. Dlouhodobě byla sledována koroze reaktorové nádoby. Významným ukazatelem bylo sledování změny hmotnosti této nádoby po provedených experimentech a po očištění od zbytků solí. Podle druhu materiálu, ze kterého byla reaktorová nádoba vyrobena, se lišily výsledky. U materiálu typu Inconel byly nejmenší korozi změny jak na povrchu, tak v hmotnosti. Bylo možné sledovat i nevýraznou hladinovou korozi. Korozi nádoby potvrdily i některé chemické rozborů průběžně odebírané tavené soli z reaktorové nádoby, kde se vyskytovaly v malém množství složky, které nepocházely z paliva ale z materiálu kelímku reaktoru.

Intenzivnější koroze byly pozorovány u příváděcí trubice ponořené do roztavené soli. Jde o korozi na rozhraní tří fází. Její sledování bylo dokumentováno fotografiemi. Většinou bylo možné zaznamenat výsledek až po ochlazení. Podle druhu použitého materiálu bylo možné vidět odtavené části, natavené vrstvy, snižování tloušťky materiálu, vzrůstání pórovitosti, drobnosti a tím křehkosti, u koncové části materiálu až snižování houževnatosti a kompaktnosti.

Příkladem nejchoulostivějších zkorodovaných částí reaktoru MSO jsou sváry nádoby a dávkovací trubice ponořené do soli.

Sledování produktů spalování v procesu MSO

Probíhalo dávkování paliva do taveniny uhlíčitanu sodného tak do tavenin modelových boritých koncentrátů. Při tom jsme pozorovali odcházející produkty ve spalínách. Jejich složení bylo zaznamenáváno online analyzátořem TESTO 350, který umožnil průběžné a okamžité sledování obsahu CO, CO₂, O₂, H₂, tlakových změn včetně dalších hodnot na display s nepřerušeným zápisem do paměti.

Sledování produktů procesu probíhalo při dávkování suchých iontoměníčů PUROLITE A-400MB-OH a PUROLITE C-100-H. Pro sledování vlivu kontaminace kovy byl vybrán olej znečištěný přídavkem Sr, Co, Cs modifikujících aktivní látky.

Zkoušeli jsme dávkování vlhkých vysycených iontoměníčů do tavenin. Základním problémem byla zbytková voda, která se už v průběhu dávkovací cesty uvolňovala působením okolního tepla. Přitom byl zaznamenán velmi vysoký obsah CO ve spalínách svědčící o nedokonalém spalování. Jednou z příčin může být špatný kontakt kyslíku ze vzduchu a paliva, daný naředěním kyslíku produkovanou vodní parou. Při dávkování suchých iontoměníčů byl obecně zaznamenán zvýšený obsah CO, když se projevil lokálně nebo celkově stechiometrický nedostatek kyslíku. Většinou to souviselo s vnitřním uspořádáním laboratorních aparatury, nastavením parametrů toku materiálu, teploty apod.

Před vstupem do analyzátořu plynů je zařazeno technologické čištění ochlazených odplynů, která plynné látky odděluje od kondenzátů a unášených pevných látek. Po průchodu odplynů touto částí jsou zachyceny kapalné produkty v kondenzační nádobě a pevné produkty ve filtrech. Byly provedeny chemické rozborů zadržovaných produktů.

Závěry

Výchozí činností bylo provedení komplexního popisu procesu a analýza použitých materiálů s ohledem na technologii oxidace v tavenině soli. Dále byly stanoveny fyzikálně-chemické a palivo-energetické vlastnosti vytipovaných iontoměníčů. U iontoměníčů byly sledovány a popsány klíčové reologické vlastnosti pro jejich transport a dávkování do technologie. Zejména sledován vliv granulometrie, vlhkosti, úrovně a charakteru znečištění. Vytipovány a zkoušeny materiály příhodné pro taveniny v technologii MSO. Šlo o uhlíčitany sodné a draselné, užité jednotlivě. Byla sledována i eutektická směs uhlíčitanů sodného, draselného a lithného. Dále byly zkoušeny modelové směsi

boritanové, které modifikovali složení odpadních produktů, a stanoveny jejich relevantní fyzikálně-chemické a reologické vlastnosti s ohledem na technologii MSO.

Literatura

- [1] Stoklasa J., Pražák P., Karásková Nenadálová L., Kůs P., Galek V.: Zneškodňování radioaktivně kontaminovaných iontoměničů oxidací v tavenině soli, Dílčí zpráva projektu TA04021660, Oddělení Jaderný palivový cyklus, Centrum výzkumu Řež s.r.o. (2015) 14 s.
- [2] Stoklasa J., Pražák P.: Zkoumání pochodů probíhající při oxidačním spalování odpadů v roztavené soli metodou MSO, Konference Odpadové fórum 2015, Hustopeče u Brna (2015) 6 s.
- [3] Suleymanov E.: Materiály pro konstrukci reaktoru MSO při použití solní taveniny RAO-koncentrátu, bakalářská práce, ČVUT FJFI (2015) 59 s.
- [4] Havránek A.: Reologie a její aplikace na biolátky, Karlova Univerzita, Matematicko-fyzikální fakulta, Katedra makromolekulární fyziky (2007) 1-38
- [5] Kovařík P., Pražák P.: Experimenty s označenými oleji (iontoměniči) s cílem zjistit funkčnost aparatury, Průběžná zpráva o plnění etapy E 2.15 (2013)
- [6] Stoklasa J., Pražák P.: Experimenty s označenými oleji (iontoměniči) s cílem zjistit funkčnost aparatury MSO a příprava k experimentům s reálnými radioaktivními odpady. Průběžná zpráva o řešení Etapy E2.20 MSO, Centrum výzkumu Řež s.r.o. (2014) 1-46

Poděkování

Tato práce vznikla za finanční podpory programu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje ALFA organizovaného Technologickou agenturou České republiky jako součást projektu TA04021660/Zneškodňování radioaktivně kontaminovaných iontoměničů oxidací v tavenině soli.

Tato práce vznikla současně v projektu SUSEN CZ.1.05/2.1.00/03.0108, který je realizován v rámci Evropského fondu regionálního rozvoje (ERDF).

Partial treatments, the behavior and character of components during the molten salt oxidation process

Ing. Jaroslav Stoklasa, Ph.D., Petr Pražák, Ing. Lucie Karásková Nenadálová, Ph.D., Research Centre Řež; e-mail: Jaroslav.Stoklasa@cvrez.cz; Petr.Prazak@cvrez.cz; Lucie.Nenadalova@cvrez.cz

Summary

For waste treatment with heavy metals, especially radioactive, by oxidative combustion in the molten salt (MSO) were determined parameters of partial processes. For components and materials involved in the procedures were examined and verified the conditions that may affect system performance and process management.

Keywords: MSO, solid waste, combustion, gases, corrosion